

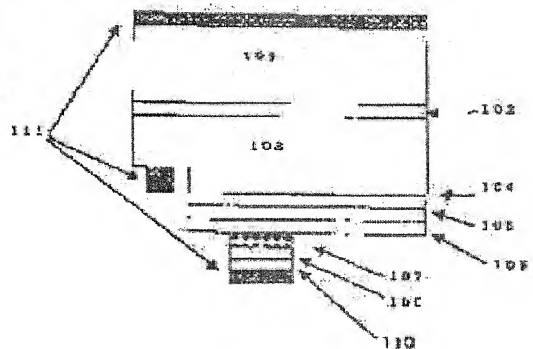
(11)Publication number : 2003-338662
(43)Date of publication of application : 28.11.2003

H01S 5/22
H01S 5/323

(71)Applicant : SHARP CORP
(72)Inventor : KANEKO YOSHIKA

(57) Abstract:

SOLUTION: The manufacturing method of the ridge waveguide type nitride semiconductor light emission element has an etching rate change layer between a contact layer dry-etched to a ridge shape and an active layer. In dry-etching to a ridge shape, the surface of a wafer is irradiated with light, an etching rate change layer is detected by a film thickness interference signal of reflection light and an etching depth is controlled.



[Date of request for examination]	25.02.2005
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	
[Patent number]	
[Date of registration]	
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of extinction of right]	

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-338662
(P2003-338662A)

(43) 公開日 平成15年11月28日 (2003. 11. 28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	FI	テーマコード*(参考)
H01S 5/22		H01S 5/22	5F073
5/323	610	5/323	610

審査請求 未請求 請求項の数7 OL (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2002-147777(P2002-147777)

(22) 出願日 平成14年 5 月22日 (2002. 5. 22)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 金子 佳加

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(74) 代理人 100064746

弁理士 深見 久郎

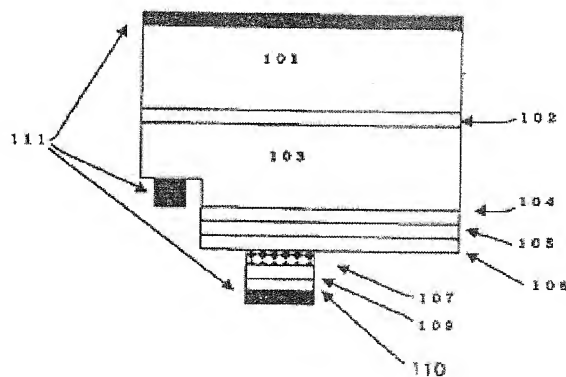
Fターム(参考) 5F073 AA13 AA51 CA07 DA05 DA25

(54) 【発明の名称】 発光素子の製造方法およびその方法により製造される発光素子

(57) 【要約】

【課題】 リッジ状にドライエッチングする際に、エッチングする深さの制御を容易にし、半導体層の厚さを精度よく調整することにより、閾値電流などの特性が安定で、生産効率が高く、再現性のよいリッジ導波路型窒化物半導体発光素子を提供する。

【解決手段】 リッジ状にドライエッチングするコンタクト層と、活性層との間にエッチング速度変更層を有するリッジ導波路型窒化物半導体発光素子の製造方法であって、リッジ状にドライエッチングするときウェハの表面に光を照射し、反射光の膜厚干渉信号によりエッチング速度変更層を検出し、エッチングする深さを制御する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 リッジ状にドライエッチングするコンタクト層と、活性層との間にエッチング速度変更層を有するリッジ導波路型窒化物半導体発光素子の製造方法であって、リッジ状にドライエッチングするときにウェハの表面に光を照射し、反射光の膜厚干渉信号により前記エッチング速度変更層を検出し、エッチングする深さを制御することを特徴とする発光素子の製造方法。

【請求項2】 ウェハの表面に照射する前記光の波長が、700nm以下である請求項1に記載の発光素子の製造方法。

【請求項3】 前記エッチングに使用するガスが、塩素系ガスである請求項1に記載の発光素子の製造方法。

【請求項4】 リッジ状にドライエッチングするコンタクト層と、活性層との間にエッチング速度変更層を有するリッジ導波路型窒化物半導体発光素子であって、前記エッチング速度変更層がIII-V族化合物半導体からなり、III族元素はAl、InまたはGaであり、V族元素はN、AsまたはPであることを特徴とする発光素子。

【請求項5】 前記エッチング速度変更層のエネルギーギャップが活性層のエネルギーギャップより大きい請求項4に記載の発光素子。

【請求項6】 前記エッチング速度変更層の厚さが50Å以上である請求項4に記載の発光素子。

【請求項7】 前記エッチング速度変更層が多層からなる請求項4に記載の発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、赤色領域から紫外光領域で発光可能なリッジ導波路型窒化物半導体発光素子およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】リッジ導波路型窒化物半導体発光素子の典型的な構造を図4に示す。この例では、サファイア基板401に、AlGaInバッファ層402、n型GaIn層403、n型AlGaInクラッド層404、InGaIn活性層405、p型AlGaInクラッド層およびp型GaInコンタクト層を積層した後、エッチングによりリッジ状のp型AlGaInクラッド層406およびp型GaInコンタクト層410を形成し、最後に電極411を形成する。リッジ導波路型窒化物半導体発光素子では、活性層からリッジ部分の底面までの距離を正確に制御することが重要である。この距離によりリッジ導波路内外の実効屈折率差が変化するため、この距離がばらつくと、水平横方向の光の分布が変化し、遠視野像および閾値電流などの特性がばらつくことになる。

【0003】GaAs系化合物半導体発光素子を製造する場合、GaAs系化合物半導体層に対して選択性の優れたエッチング液を使用するウェットエッチングが

行なわれ、エッチングストップ層により、素子特性のバラツキの原因となる膜厚を精度よく制御することが可能である。一方、GaIn系化合物半導体発光素子を製造する場合、適当なエッチング液がないため、ドライエッチングが行なわれる。しかし、ドライエッチングではGaIn系化合物半導体層に対する十分な選択性がないため、リッジ導波路型窒化物半導体発光素子を再現性よく製造することが困難である。たとえば、図4の例であれば、ドライエッチングによりリッジ状のp型AlGaInクラッド層406およびp型GaInコンタクト層410を形成する際、p型AlGaInクラッド層406の厚さを精度よく制御することは非常に困難である。

【0004】特開平9-298343号公報には、活性層上の第2クラッド層の上にドライエッチストップ層としてAlInGaInを積層し、その膜厚を非常に薄くして、ECR-RIBE法（電子サイクロトロン共鳴を利用した反応性イオンビームエッチング法）でエッチングするリッジ導波路型半導体発光素子の製造方法が紹介されている。また、特開平10-326940号公報には、Inを含むIII族窒化物材料で活性層よりも禁制帯幅の大きい材料からなるエッチングストップ層を活性層の近傍に積層し、エッチングストップ層の表面までInを含まないIII族窒化物材料からなる層をエッチングし、リッジ構造を形成する窒化物半導体発光素子が紹介されている。

【0005】しかし、エッチングストップ層の厚さのバラツキおよびエッチング時のウェハの温度変動により、エッチングストップ層でエッチングが止まらない場合が多く、歩留りが低下する原因になっている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明の課題は、リッジ状にドライエッチングする際に、エッチングする深さの制御を容易にし、半導体層の厚さを精度よく調整することにより、閾値電流などの特性が安定で、生産効率が高く、再現性のよいリッジ導波路型窒化物半導体発光素子を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の発光素子の製造方法は、リッジ状にドライエッチングするコンタクト層と、活性層との間にエッチング速度変更層を有するリッジ導波路型窒化物半導体発光素子の製造方法であって、リッジ状にドライエッチングするときにウェハの表面に光を照射し、反射光の膜厚干渉信号によりエッチング速度変更層を検出し、エッチングする深さを制御することを特徴とする。

【0008】ウェハの表面に照射する光の波長は700nm以下が好ましく、エッチングには塩素系ガスを使用することが好ましい。

【0009】本発明の発光素子は、リッジ状にドライエッチングするコンタクト層と、活性層との間にエッチン

グ速度変更層を有するリッジ導波路型窒化物半導体発光素子であって、エッチング速度変更層がⅢⅠⅠ-V族化合物半導体からなり、ⅢⅠⅠ族元素はAl、InまたはGaであり、V族元素はN、AsまたはPであることを特徴とする。

【0010】エッチング速度変更層は、エネルギーギャップが活性層のエネルギーギャップより大きく、厚さが50Å以上で、多層からなるものが好ましい。

【0011】

【発明の実施の形態】本発明は、リッジ状にドライエッチングするコンタクト層と、活性層との間にエッチング速度変更層を有するリッジ導波路型窒化物半導体発光素子の製造方法であって、リッジ状にドライエッチングするときウェハの表面に光を照射し、反射光の膜厚干渉信号によりエッチング速度変更層を検出し、エッチングする深さを制御することとを特徴とする。

【0012】図1に示すように、エッチング速度変更層107は、コンタクト層110と活性層105との間に積層する。図1の例では、エッチング速度変更層107は、2つのAlGaInクラッド層108、109の間に積層している。このような層構造を有するウェハをエッチングする場合に、ウェハの表面に光を照射すると、ウェハの表面における反射光と、すぐ下の層との界面における反射光とでは、エッチングしている層の厚さに応じて光の位相がずれるため、反射光同士で干渉が起こる。エッチングが進むにつれて層の厚さが減少していくため、干渉の程度も変化し、また、エッチングしやすく、層の厚さの減少速度が速い場合には、干渉の程度の変化する速度も速くなる。このような厚さにともなって変化

する干渉の程度、すなわち、膜厚信号強度は、図2に示すグラフに表すことができ、エッチング速度が速くなるにつれて、膜厚干渉信号の波長は短くなる。したがって、膜厚干渉信号の波形を観察しながらエッチングすることにより、エッチング速度の変化を検出することができる。

【0013】図2の例では、エッチング速度変更層と、エッチング速度変更層よりエッチング速度の速いAlGaInクラッド層とでは、膜厚干渉信号の周波数が異なるため、膜厚干渉信号の波形を観察しながらエッチングすることにより、エッチング速度変更層を容易に検出できる。このため、エッチング速度変更層のエッチングのみで止めることもでき、さらに進めて、エッチング速度変更層の下に積層しているクラッド層などの厚さに基づき、設計どおりの厚さにまでエッチングすることも容易である。したがって、エッチングする深さを容易に制御することができ、エッチングしている層の厚さを正確に調整することが可能となる。

【0014】エッチング速度変更層は、ⅢⅠⅠ-V族化合物半導体発光素子の構成層であるため、ⅢⅠⅠ-V族化合物半導体からなるものを用い、ⅢⅠⅠ族元素はA

l、InまたはGaであり、V族元素はN、AsまたはPである。ドライエッチングの過程において、エッチング速度変更層に到達する前の層と、エッチング速度変更層とで、エッチング速度が十分に異なることが好ましい。ドライエッチングの速度が十分に異なる化合物を隣接させることにより、ウェハの温度変動があっても、エッチング速度の変化を知ることができ、エッチングする深さを制御する精度が向上する。たとえば、エッチング速度変更層に到達する前の層がAlGaInからなる場合は、エッチング速度変更層はInGaInからなるものが好ましい。

【0015】エッチング速度変更層のエネルギーギャップは、活性層からの発光の吸収を低減し、化合物半導体発光素子における内部ロスを減らし、閾値電流の上昇を抑制することができる点で、活性層のエネルギーギャップより大きいことが好ましい。

【0016】エッチング速度変更層の厚さは、50Å以上が好ましい。エッチング速度変更層を越えてエッチングする場合には、残し膜厚を決定する必要がある。ここに、残し膜厚とは、エッチング速度変更層の後にエッチングする層の残すべき厚さをいう。この残し膜厚を決定するうえで、エッチング速度変更層の位置を確定する必要がある。エッチング速度変更層の位置は膜厚干渉信号を微分・2次微分することにより確定できるが、エッチング速度の変化が安定した膜厚干渉信号として表れるようにするため、エッチング速度変更層の厚さは、50Å以上とするのが好ましい。

【0017】エッチング速度変更層は、多層からなるものが好ましい。エッチング速度変更層を2層以上とすることにより、エッチング速度変更層の全体としての厚さを薄くすることができ、特に、エッチング速度のより遅い層と積層することにより、エッチング速度変更層の位置を確定する精度が上がり、これに伴い、残し膜厚を高い精度で調整することができるようになる。また、同様の理由により、エッチング速度変更層と、エッチング速度が大きく異なる層とは、交互に積層することが好ましい。

【0018】リッジ状にドライエッチングするときウェハの表面に照射する光の波長は、700nm以下が好ましく、300nm以下がより好ましい。光干渉膜厚計を使用して行なうエッチングでは、照射する光の波長によりエッチングされる膜厚の精度が変化し、光干渉膜厚計で制御できる膜厚の最小値は $\lambda/8$ 程度であるため、残し膜厚の誤差を $\pm 5\%$ 以下とするには、ウェハに照射する光の波長は700nm以下とすることが好ましい。また、光の波長を700nm以下とすることにより、加工精度が向上するため、電流閾値I_{th}を $\pm 10\%$ 以下とすることが可能となる。

【0019】リッジ状にドライエッチングするとき使用するガスは、塩素(Cl)系ガスが好ましい。エッチ

ングガスは、エッチングの過程で溶媒の機能を果たし、たとえばCl系、Cl-F系、ArもしくはHeなどの不活性ガス系またはこれらの混合ガス系があるが、化合物半導体層との反応性が高く、マスクとなるレジスト、SiO₂およびSiNなどとの反応性が低い点で、Cl系ガスが好ましい。Cl系ガスとしては、SiCl₄、Cl₂、BCl₃およびCClF₃などがある。

【0020】ドライエッチングは通常の方法で行なうことができる。たとえば、反応性イオンエッチング法(RIE)、電子サイクロトロン共鳴を利用した反応性イオンビームエッチング法(ECR-RIBE)または誘導結合プラズマ方式によるエッチング法(ICP)などがある。

【0021】

【実施例】実施例1

本実施例において製造したリッジ導波路型窒化物半導体発光素子の構造を図1に示す。この発光素子は、GaN基板101に、AlGaNバッファ層102(厚さ0.02μm)、n型GaNコンタクト層103(厚さ3μm)、n型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層104(厚さ0.8μm)、InGaN活性層105(厚さ0.05μm)、p型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層106(厚さ0.5μm)、In_{0.05}Ga_{0.95}NAsエッチング速度変更層107(厚さ200Å)、p型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層109(厚さ0.5μm)およびp型GaNコンタクト層110(厚さ0.2μm)をこの順に積層した構造を有する。

【0022】InGaN活性層105は、In_{0.1}Ga_{0.9}N層とIn_{0.05}Ga_{0.95}N層を交互に3周期積層した構造を有し、InGaN活性層105の全体としてのエネルギーギャップは3.0であった。本実施例におけるエッチング速度変更層107のエネルギーギャップは3.3であったことから、エッチング速度変更層107の方が活性層105のエネルギーギャップより大きい。

【0023】各半導体層は、有機金属化合物気相成長法(MOCVD法)により積層し、V族元素の原料としてはアンモニア(NH₃)およびアルシン(AsH₃)を用い、III族元素の原料としてはトリメチルガリウム(TMG)、トリメチルアルミニウム(TMA)およびトリメチルインジウム(TMIn)を用い、p型不純物としてはビスシクロペンタジエニルマグネシウム(Cp₂Mg)を用い、n型不純物としてはモノシラン(SiH₄)を用い、また、キャリアガスとしてはH₂およびN₂の混合ガスを用いて製造した。

【0024】半導体層の積層後、ウェハの表面にレジストマスクを形成し、フォトリソグラフィ法を利用し、p型GaNコンタクト層、p型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層およびエッチング速度変更層を、幅5μmのリッジ部分を残して垂直にドライエッチングした。図1は、ドライエッチングした後の構造を示す。ドライエッチング

に際しては、光干渉膜厚計から紫外光(波長320nm)をウェハの表面に照射し、反射光の膜厚干渉信号によりエッチング速度変更層107を検出し、p型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層106をそのまま残すようにエッチングする深さを制御した。この結果、p型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層106の残し膜厚は0.5μmとなった。光干渉膜厚計は、intellemetrics社製のLEP300を使用した。

【0025】ドライエッチングはECR-RIBE法により行ない、エッチングガスはSiCl₄を使用した。ドライエッチング後、電極111を真空蒸着により形成した。

【0026】エッチングストップ層によりエッチングを止めようとする従来の方法では、エッチングストップ層で確実にエッチングが止まる場合、発光素子の閾値電流I_{th}は平均40mAであり、発光素子間でのバラツキは±30%程度であったが、エッチングストップ層でエッチングが停止しなかった場合の発光素子間でのバラツキは±50%にも達していた。これに対して、本実施例で製造した発光素子は、閾値電流I_{th}の平均が40mAであり、発光素子間でのバラツキを±10%以内に抑ええることができた。

【0027】また、本実施例では、p型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層106の表面が露出するまでエッチングするようにエッチングの深さを制御した結果、p型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層106の残し膜厚は0.5μmとなったが、エッチング速度変更層107が検出できているので、エッチングする深さを制御して、残し膜厚を自由に設定できるものと考察された。したがって、残し膜厚を0.05μmとすることもできる。

【0028】実施例2

本実施例において製造したリッジ導波路型窒化物半導体発光素子の構造を図3に示す。この発光素子は、サファイア基板121に、GaNバッファ層122(厚さ0.02μm)、n型GaNコンタクト層123(厚さ3μm)、n型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層124(厚さ0.8μm)、InGaN活性層125(厚さ0.05μm)、p型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層126(厚さ0.5μm)、エッチング速度変更層127(厚さ480Å)、p型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層129(厚さ0.5μm)およびp型GaNコンタクト層130(厚さ0.2μm)をこの順に積層した構造を有する。

【0029】エッチング速度変更層127は、In_{0.05}Ga_{0.95}N層(厚さ80Å)とAl_{0.1}Ga_{0.9}N層(厚さ80Å)とを交互に3周期積層した多層構造を有するものを使用した。

【0030】各半導体層は、有機金属化合物気相成長法(MOCVD法)により積層し、V族元素の原料としてはアンモニア(NH₃)を用い、III族元素の原料としてはトリメチルガリウム(TMG)、トリメチルアル

10

20

30

40

50

ミニウム (TMA) およびトリメチルインジウム (TMIn) を用い、p型不純物としてはビスシクロペンタジエニルマグネシウム (Cp,Mg) を用い、n型不純物としてはモノシラン (SiH_4) を用い、また、キャリアガスとしては H_2 および N_2 の混合ガスを用いて製造した。

【0031】 半導体層の積層後、ウェハの表面にレジストマスクを形成し、フォトリソグラフィ法を利用し、p型Ga_{0.9}Nコンタクト層、p型Al_{0.1}GaNクラッド層およびエッチング速度変更層を、幅5 μm のリッジ部分を残して垂直にドライエッチングした。図3は、ドライエッチングした後の構造を示す。ドライエッチングに際しては、光干渉膜厚計から赤色光 (波長680nm) をウェハの表面に照射し、反射光の膜厚干渉信号によりエッチング速度変更層127を検出し、p型Al_{0.1}GaNクラッド層126をそのまま残すようにエッチングする深さを制御した。この結果、p型Al_{0.1}GaNクラッド層126の残し膜厚は0.5 μm となった。光干渉膜厚計は、実施例1と同様のものを使用した。

【0032】 ドライエッチングはECR-RIBE法により行ない、エッチングガスは Cl_2 を使用した。ドライエッチング後、電極131を真空蒸着により形成した。

【0033】 エッチングストップ層によりエッチングを止めようとする従来の方法では、エッチングストップ層で確実にエッチングが止まっている場合、発光素子の閾値電流 I_{th} は平均40mAであり、発光素子間のバラツキは $\pm 30\%$ 程度であったが、エッチングストップ層でエッチングが停止しなかった場合のバラツキは $\pm 50\%$ にも達していた。これに対して、本実施例で製造した発光素子では、閾値電流の I_{th} の平均が45mAであり、発光素子間でのバラツキを $\pm 12\%$ 以内に押さえることができた。また、エッチング速度変更層127が検*

＊出できたので、エッチングする深さを制御して、残し膜厚を自由に調整することができるものと考察された。したがって、残し膜厚を0.05 μm とすることもできる。

【0034】 今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【0035】

【発明の効果】 本発明によれば、エッチングする深さを容易に制御できるので、閾値電流などの特性が安定で、生産効率が高く、再現性の良いリッジ導波路型窒化物半導体発光素子を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明のリッジ導波路型窒化物半導体発光素子の構造を表す模式図である。

【図2】 光干渉膜厚計による膜厚干渉信号の波形を表す図である。

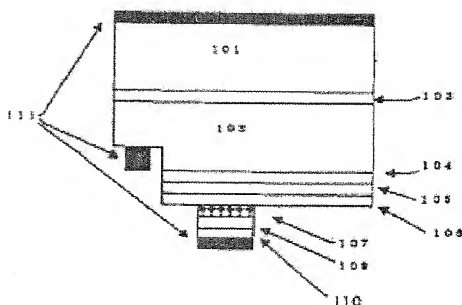
【図3】 本発明のリッジ導波路型窒化物半導体発光素子の構造を表す模式図である。

【図4】 従来のリッジ導波路型窒化物半導体発光素子の構造を表す模式図である。

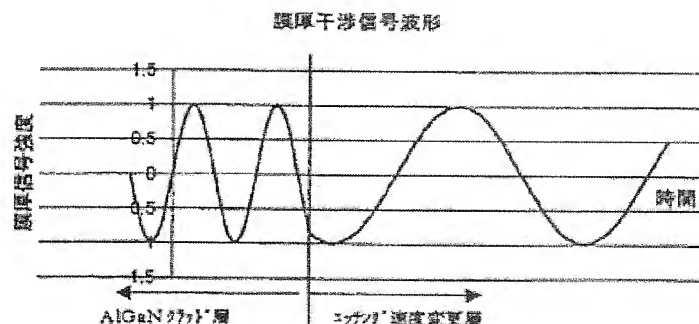
【符号の説明】

101 GaN基板、102 AlGa_{0.3}Nバッファ層、103 n型Ga_{0.9}Nコンタクト層、104 n型AlGa_{0.3}Nクラッド層、105 InGa_{0.5}N活性層、106 p型Al_{0.1}GaNクラッド層、107 In_{0.05}GaN_{0.95}エッチング速度変更層、109 p型Al_{0.1}GaNクラッド層、110 p型Ga_{0.9}Nコンタクト層、111 電極、125 活性層、126、129 クラッド層、127 エッチング速度変更層、130 コンタクト層。

【図1】



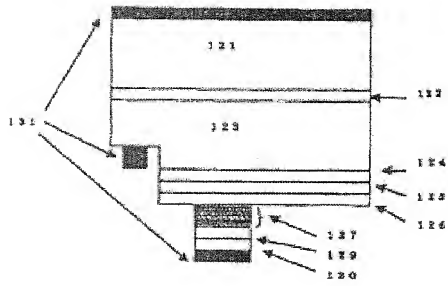
【図2】



(6)

特開2003-338662

【図3】



【図4】

